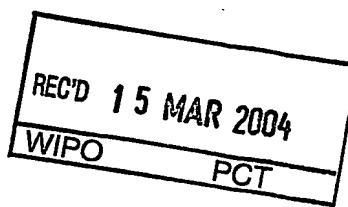


101543138
PCT/EP2004/000324

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

**PRIORITY
DOCUMENT**
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)



EP 04/324.

Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 103 02 714.9

Anmeldetag: 23. Januar 2003

Anmelder/Inhaber: Siemens Aktiengesellschaft, 80333 München/DE

Bezeichnung: Verfahren zum Ermitteln der Oberflächengüte
von Schaufeln einer Strömungsmaschine

IPC: G 01 N 22/02

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der
ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 20. Januar 2004
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Klostermeyer

Beschreibung

Verfahren zum Ermitteln der Oberflächengüte von Schaufeln einer Strömungsmaschine

5

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Ermitteln der Oberflächengüte von in einer Strömungsmaschine mit an einer in einem Gehäuse drehbar gelagerten Rotorwelle angeordneten Laufschaufel. Ferner betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Ermitteln der Oberflächengüte von in einer Strömungsmaschine mit einem Gehäuse drehfest angeordneten Leitschaufeln, sowie eine Vorrichtung zur Durchführung der Verfahren.

10

15

20

30

35

Strömungsmaschinen, wie beispielsweise Dampf- oder Gasturbinen, werden als Wärme-Kraft-Maschinen in der Technik eingesetzt, um eine in einem Gasstrom gespeicherte Energie in eine mechanische Energie zu überführen, insbesondere eine Drehbewegung. Um gerade bei Gasturbinen einen möglichst großen Gesamtwirkungsgrad hinsichtlich der Energieausnutzung zu erreichen, werden die Gaseintrittstemperaturen von der Brennkammer in den Strömungskanal der Gasturbine möglichst hoch gewählt. Im Stand der Technik liegen solche Gaseintrittstemperaturen beispielsweise bei 1200°C.

Damit die in dem Strömungskanal der Turbine angeordneten Schaufeln der physikalischen, insbesondere thermischen, Beanspruchung standhalten, ist es im Stand der Technik bekannt, die Schaufeln mit einer Oberflächenbeschichtung, Thermal-Barrier-Coating, kurz TBC, zu versehen. Eine derartige Beschichtung der Schaufeln unterliegt jedoch der Alterung, indem diese mit der Zeit von der Schaufel in Abhängigkeit der Betriebsdauer abgetragen wird. Eine Schaufel, bei der die Oberflächenbeschichtung beschädigt ist, unterliegt einem sehr hohen Verschleiß, der zur Zerstörung der Schaufel führt. Eine Leistungsverminderung oder sogar eine Beschädigung der Turbine ist die Folge.

Im Stand der Technik ist es daher üblich, aufgrund von Testergebnissen und Erfahrungswerten die Standzeiten solcher Schaufeln festzulegen, wobei am Ende eines solchen Betriebsintervalls jeweils die Turbine zerlegt wird, um die Oberflächenbeschichtung der Laufschaufeln zu überprüfen. Nachteilig ist, dass ein Zerlegen der Turbine sehr kosten- und zeitaufwendig ist, wobei die Wartungsintervalle derart gelegt sind, dass ein Auftreten der oben genannten Beschädigungen weitgehend vermieden wird. Dies führt ferner dazu, dass eine Wartung auch dann ausgeführt wird, wenn eine tatsächliche Verschleißgrenze noch nicht erreicht ist.

Es ist daher die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Ausführung des Verfahrens bereitzustellen, mit dem eine Überwachung des Zustands der Schaufeln erreichbar ist.

Als Lösung der Aufgabe wird mit der Erfindung ein Verfahren zum Ermitteln der Oberflächengüte von in einer Strömungsmaschine mit an einer in einem Gehäuse drehbar gelagerten Rotorwelle angeordneten Laufschaufeln vorgeschlagen, wobei durch Mittel zum Erzeugen einer elektromagnetischen Welle eine elektromagnetische Welle im Strömungskanal in einem Bereich der Laufschaufeln ausgesendet wird, die elektromagnetische Welle von wenigstens einer Laufschaufel zumindest teilweise reflektiert, der reflektierte Teil der elektromagnetischen Welle durch Mittel zum Empfang empfangen und aus einem der empfangenen elektromagnetischen Welle entsprechenden Signal die Oberflächegüte der Laufschaufeln ermittelt wird.

Es wird der Effekt ausgenutzt, dass der reflektierte Anteil der elektromagnetischen Welle Informationen über den Zustand der Oberfläche enthält, die durch Auswertung des empfangenen Signals ermittelt werden können. Erstmals ist es somit möglich, einen Zustand der Beschichtung von Schaufeln nicht nur ohne Zerlegung der Turbine festzustellen, sondern auch wäh-

rend des Betriebs der Turbine zu überwachen. So kann eine Wartung einer Turbine vorteilhafterweise dann erfolgen, wenn definitiv eine Verschleißgrenze erreicht ist. Die Wartungsintervalle können so auf die tatsächlichen Erfordernisse ausgedehnt werden. Die durch die Wartung der Turbine verursachten Kosten, insbesondere auch die Standzeiten, können deutlich reduziert werden. Zur Ausführung des Verfahrens können auch mehrere elektromagnetische Wellen ausgesendet werden, die beispielsweise auch über den Umfang des Strömungskanals verteilt ausgesendet werden können. Ebenso können natürlich die reflektierten Anteile an unterschiedlichen Stellen des Umfangs des Strömungskanals empfangen werden, um hierdurch zusätzliche und/oder genauere Informationen über den Zustand der Oberflächengüte zu erhalten. Selbstverständlich kann das Verfahren natürlich auch dual zum Ermitteln einer Oberflächengüte von in einer Strömungsmaschine angeordneten Leitschaufeln verwendet werden, wobei jedoch die Mittel zum Erzeugen einer elektromagnetischen Welle und zum Empfang an der drehbar gelagerten Rotorwelle angeordnet sind.

Es wird mit der Erfindung weiterhin ein Verfahren zum Ermitteln der Oberflächengüte von in einer Strömungsmaschine mit einem Gehäuse drehfest angeordneten Leitschaufeln vorgeschlagen, wobei durch Mittel zum Erzeugen einer elektromagnetischen Welle eine elektromagnetische Welle in einem Strömungskanal in einem Bereich der Leitschaufeln ausgesendet wird, die elektromagnetische Welle von wenigstens einer Leitschaufel zumindest teilweise reflektiert, der reflektierte Teil der elektromagnetischen Welle durch Mittel zum Empfang empfangen und aus einem der empfangenen elektromagnetischen Wellen entsprechenden Signal die Oberflächengüte der Leitschaufeln ermittelt wird.

Vorteilhaft können somit auch nicht rotierende Elemente der Strömungsmaschine hinsichtlich ihrer Oberflächengüte überwacht werden. Es können beispielsweise über den Umfang der Strömungsmaschine verteilt angeordnete Mittel zum Aussenden

einer elektromagnetischen Welle verwendet werden, wobei eine Anordnung bedarfsgerecht vorgesehen sein kann. Entsprechend können Mittel zum Empfang vorgesehen sein, um reflektierte elektromagnetische Wellen zu empfangen. Um Aufwand für den

5 Betrieb einer solchen Anordnung zu reduzieren, kann beispielsweise vorgesehen sein, die Anordnung im Pulsbetrieb und/oder im Zeitmultiplex-Betrieb zu betreiben. Daneben kann auch vorgesehen sein, dass ein Mittel zum Aussenden einer elektromagnetischen Welle gleichzeitig auch für den Empfang 10 verwendet wird, wobei dieses im Bereich der zu überwachenden Leitschaufeln am Gehäuse angeordnet ist.

Ferner wird vorgeschlagen, dass entsprechend der zu ermittelnden Oberflächenstruktur eine elektromagnetische Welle mit 15 einer angepassten Wellenlänge verwendet wird. So kann vorteilhaft erreicht werden, dass die Auswirkungen der Beschädigungen auf die elektromagnetische Welle besonders günstig sind, um beispielsweise für die Auswerteeinheit einen hohen Signalpegel zu erreichen, aus dem die Oberflächengüte ermittelt wird. 20

Darüber hinaus wird vorgeschlagen, dass als elektromagnetische Welle eine Radarwelle verwendet wird. Vorteilhaft kann auf bekannte Mittel zum Erzeugen und zum Übertragen von Radarwellen zurückgegriffen werden. Aufwand sowie Kosten können weiter reduziert werden. Ferner kann durch die Verwendung durch Radarwellen eine Anpassung hinsichtlich der Beschädigung der Schaufeln erreicht werden, so dass ein günstiger Signalpegel zur Überwachung der Oberflächenbeschichtung erreicht werden kann. 30

In einer weiteren Ausgestaltung wird vorgeschlagen, dass das Mittel zum Erzeugen einer elektromagnetischen Welle für den Empfang einer elektromagnetischen Welle verwendet wird. Bauteile sowie Montage- und Konstruktionsaufwand an der Turbine 35 können reduziert werden. So kann beispielsweise eine Radaran-

tenne sowohl zum Senden als auch für den Empfang verwendet werden.

Weiterhin wird vorgeschlagen, dass aus einer Intensität der
5 empfangenen elektromagnetischen Welle die Oberflächengüte er-
mittelt wird. So kann vorteilhaft mit einfachen und kosten-
günstigen Mitteln eine Auswertung des Signals erreicht wer-
den. Daneben können auch andere geeignete Wellenlängen ver-
wendet werden, beispielsweise Millimeterwellen und derglei-
10 chen.

Mit der Erfindung wird ferner eine Vorrichtung zur Durchfüh-
rung des erfindungsgemäßen Verfahrens vorgeschlagen, welches
Mittel zum Erzeugen einer Schwingung, Mittel zur Erzeugung
15 einer elektromagnetischen Welle aus der Schwingung, Mittel
zum Empfang einer elektromagnetischen Welle und eine Auswer-
teeinheit zur Auswertung eines der empfangbaren elektromagne-
tischen Welle entsprechenden Signals aufweist. Vorteilhaft
sind die Mittel zur Erzeugung einer elektromagnetischen Welle
20 und zum Empfang in einem Strömungskanal einer Strömungsma-
schine angeordnet. Diese können jeweils durch Antennen gebil-
det sein, die geeignet sind, die elektromagnetische Welle zu
erzeugen und auszusenden bzw. zu empfangen und ein entspre-
chendes Signal zu erzeugen. Das Mittel zum Erzeugen einer
Schwingung kann beispielsweise durch einen elektronischen Os-
zillator gebildet sein, der mit der Antenne zur Erzeugung ei-
ner elektromagnetischen Welle in Wirkverbindung steht. Das
Mittel zum Empfang einer elektromagnetischen Welle steht vor-
zugsweise mit einer Auswerteeinheit in Wirkverbindung, die in
30 der Lage ist, aus dem vom Mittel zum Empfang gelieferten Sig-
nal eine Information über die Oberflächengüte zu ermitteln.

Weiterhin wird vorgeschlagen, dass das Mittel zur Erzeugung
einer elektromagnetischen Welle sowohl zum Senden als auch
35 zum Empfang einer elektromagnetischen Welle geeignet ist. Die
Anzahl der Bauelemente kann weiter reduziert werden. So kann
beispielsweise das Mittel zur Erzeugung einer elektromagneti-

schen Welle über ein Kopplungsmittel mit dem Mittel zum Erzeugen einer Schwingung in Wirkverbindung stehen. Ein der empfangenen elektromagnetischen Welle entsprechendes Signal wird über das Kopplungsmittel der Auswerteeinheit zugeführt.

5 Es können auch mehrere Kopplungsmittel und Antennen vorgesehen sein, die beispielsweise parallel mit mehreren zugeordneten Auswerteeinheiten oder auch mit beispielsweise einer Auswerteeinheit im Zeitmultiplex in Verbindung stehen.

10 In einer vorteilhaften Weiterbildung der vorliegenden Erfindung wird vorgeschlagen, dass das Mittel zur Erzeugung einer elektromagnetischen Welle eine Radarantenne ist. Eine Radarantenne kann kompakt gebaut sein und kleine Abmessungen aufweisen. Die Radarantenne ist sowohl zum Aussenden einer Radarwelle als auch zum Empfang einer Radarwelle geeignet. Dazu kann sie beispielsweise mit einem Zirkulator in Verbindung stehen, über den eine Schwingung zur Antenne zuführbar ist, wobei zugleich ein von der Radarantenne geliefertes Empfangssignal an eine Auswerteeinheit übermittelbar ist. Besonders
15 vorteilhaft kann ein Verfahren nach dem Doppler-Prinzip eingesetzt werden, bei dem die Empfangswellenlänge von der Sendewellenlänge abweicht. Durch geeignete, insbesondere elektronische, Mittel, kann ein gleichzeitiger Betrieb des Aussenends und des Empfangens von elektromagnetischen Wellen erreicht werden. Darüber hinaus kann auch ein Wellenimpuls ausgesendet werden, wobei in den Impulspausen das Mittel zum Erzeugen einer elektromagnetischen Welle auf Empfang geschaltet wird. Energie und Aufwand zur Erzeugung der elektromagnetischen Welle kann eingespart werden.

20

In einer weiteren Ausgestaltung wird vorgeschlagen, dass das Mittel zur Erzeugung einer elektromagnetischen Welle im Strömungskanal einer Strömungsmaschine, insbesondere einer Gasturbine, angeordnet ist. Gerade im Großmaschinenbereich kann
35 mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung eine kostengünstige Überwachung der Schaufeln erreicht werden, wodurch insbesondere teure Stillstandzeiten wegen Wartung weiter reduziert

werden können. So kann beispielsweise eine Erhöhung der Verfügbarkeit einer mit einer Gasturbine ausgerüsteten Energieversorgung erreicht werden. Die erfindungsgemäße Vorrichtung kann darüber hinaus derart ausgestaltet sein, dass die Auswirkungen auf die Gasströmung im Strömungskanal der Strömungsmaschine weitgehend gering gehalten werden.

Weitere Vorteile und Merkmale sind der folgenden Figurenbeschreibung zu entnehmen. Gleiche Bauteile sind in unterschiedlichen Figuren mit gleichen Bezugszeichen versehen. Hinsichtlich der Funktionen gleicher Bauteile wird auf die Beschreibung zum ersten Ausführungsbeispiel verwiesen.

Es zeigen:

15

Fig. 1 eine Gasturbine des Stands der Technik in einer teilweise aufgeschnittenen, perspektivischen Ansicht,

20

Fig. 2 eine vergrößerte Ansicht eines Ausschnitts aus der Zeichnung in Fig. 1 mit einer erfindungsgemäßen Vorrichtung,

Fig. 3 ein Prinzipschaltbild zur Ausführung des erfindungsgemäßen Verfahrens,

Fig. 4 eine Laufschaufel der Gasturbine in Fig. 1,

Fig. 5 eine Leitschaufel der Gasturbine in Fig. 1,

30

Fig. 6 ein Prinzipschaltbild einer weiteren Ausgestaltung zur Überwachung von Leitschaufeln und

Fig. 7 Antennen-Anordnung zur Überwachung von Laufschaufeln.

35

In Fig. 1 ist eine Gasturbine 1 des Stands der Technik dargestellt, die für eine hohe Gaseintrittstemperatur von ca. 1200°C konzipiert ist. Die Gasturbine 1 weist an einer in ei-

nem Gehäuse 2 drehbar gelagerten Rotorwelle 3 angeordnete Laufschaufeln 4 auf. Ferner sind mit dem Gehäuse 2 drehfest verbundene Leitschaufeln 11 vorgesehen (Fig. 4, Fig. 5). Die Laufschaufeln 4 und die Leitschaufeln 11 sind jeweils mit einer Oberflächenbeschichtung 12, 13 versehen, um den physikalischen Beanspruchungen im Strömungskanal 6 der Gasturbine 1 Stand zu halten.

Wie in Fig. 2 dargestellt, ist die Turbine 1 mit einer erfindungsgemäßen Vorrichtung ausgestattet, welche eine Antenne 8, insbesondere eine Radarantenne, aufweist, die in den Strömungskanal 6 der Gasturbine 1 hineinragt. Die Radarantenne 8 ist im Bereich der Laufschaufeln 4, die zu überwachen sind, angeordnet. Die Radarantenne 8 dient als Mittel zum Aussenden einer elektromagnetischen Welle sowie auch als Mittel zum Empfang der elektromagnetischen Welle. Die Radarantenne 8 steht in Kommunikationsverbindung mit einem Zirkulator 16. Die erfindungsgemäße Vorrichtung weist ferner einen Hochfrequenzgenerator 14 auf, der über einen Verstärker 15 mit dem Zirkulator 16 in Wirkverbindung steht. Der Zirkulator 16 steht zugleich mit einem Empfangsverstärker 17 und mit einem Mischler 18 in Verbindung, der seinerseits zugleich mit dem Hochfrequenzgenerator 14 verbunden ist. Ein Ausgang des Mischers 18 ist mit der Auswerteeinheit 19 gekoppelt (Fig. 2).

Im in den Fig. 2 und 3 gezeigten Ausführungsbeispielen wird das Prinzip eines Dopplerradars verwendet. Hierbei wird eine elektromagnetische (Radar-)Welle 31 mit einer festen Wellenlänge ausgesendet, die von einem relativ zur Antenne 8 bewegten, zu überwachenden Objekt (= Laufschaufel 4) reflektiert wird. Durch die Relativbewegung ist die Empfangswellenlänge im reflektierten Teil 32 der elektromagnetischen Welle gegenüber der ausgesendeten Wellenlänge gemäß den bekannten physikalischen Effekten verschoben und die Antenne 8 erzeugt ein entsprechendes Signal.

Im einzelnen läuft das Verfahren des hier behandelten Ausführungsbeispiels wie in Fig. 3 gezeigt und im folgenden beschrieben ab.

5 Ein elektronischer Hochfrequenzgenerator 14 erzeugt eine Hochfrequenz mit einer festen, vorgebaren Wellenlänge, welche vorzugsweise eine der in Tabelle 1 angegebenen Frequenzen f_0 entspricht.

F_0 / GHz	2.4	5.8	24	61	122	245
F_D / kHz	6.032	14.577	60.32	153.3	306.6	459.9

Tabelle 1

Die Hochfrequenz wird einem Verstärker 15 zugeführt, der seinerseits die verstärkte Hochfrequenz über den Zirkulator 16 der Antenne 8 zuführt. Die Antenne 8 erzeugt aus der zugeführten Hochfrequenzenergie eine entsprechende Radarwelle 31 und sendet diese gemäß ihrer Strahlungscharakteristik aus. Die an der Radarantenne 8 vorbeilaufenden Laufschaufeln 4 reflektieren einen Teil 32 der Radarstrahlung zurück zur Antenne 8, wobei sie aufgrund ihrer Relativbewegung zur Antenne 8 eine Wellenlängenänderung bewirken. In der hier dargestellten Ausgestaltung mit einer Rotationsfrequenz von 60 Hz und mit einem wirksamen Abstand von ca. 1 m zwischen der Drehachse und dem durch die Radarwelle 31 erfassten Bereich der Laufschaufel 4, ergeben sich die zur Wellenlängenänderung entsprechenden Frequenzen f_D gemäß Tabelle 2. Die reflektierte elektromagnetische Welle 32 wird über die Antenne 8 wieder in ein elektrisches Signal transformiert, welches dem Zirkulator 16 zugeführt wird. Der Zirkulator 16 trennt nun das empfangene Signal vom gesendeten Signal und führt dies dem Empfangsverstärker 17 zu. Vom Empfangsverstärker 17 gelangt das Signal auf einen Mischler 18, in dem es mit einem Signal, welches der Hochfrequenz des Hochfrequenzgenerators 14 entspricht gemischt wird. Dabei werden die Phasenlagen der Hochfrequenz vom Hochfrequenzgenerator 14 und des Signals vom Empfangsverstärker 17 entsprechend berücksichtigt. Das Ausgangssignal

des Mischers 18 liefert ein Signal mit der Differenzfrequenz zwischen Empfangsfrequenz und ausgesendeter Hochfrequenz. Dieses Signal mit der Frequenz f_D , wie in Tabelle 1 ausgeführt, wird der Auswerteeinheit 19 zugeführt, die aus den Eigenschaften dieses Signals (= Amplitude und/oder Phase und/oder deren spektrale Verteilung) den Zustand der Oberflächengüte der entsprechenden Laufschaufeln 4 ermittelt. Das ermittelte Auswerteergebnis wird über nicht näher dargestellte Anzeigeeinheiten bzw. Meldeeinheiten an die überwachende Stelle gemeldet bzw. an eine Zentrale weitergeleitet. Die Auswerteeinheit kann auch mit einer Vergleichsfunktion ausgestattet sein, mit der das Erreichen eines vorgebbaren Schwellwertes feststellbar ist. So kann beispielsweise bei Erreichen des Schwellwertes eine Meldung automatisch ausgegeben werden, dass eine Wartung der Turbine 1 durchzuführen ist. Vorzugsweise kann hierzu die Signalintensität verwendet werden.

Die Antenne 8 ist derart ausgebildet und angeordnet, dass die reflektierte elektromagnetische Welle 32 zumindest teilweise gegenüber der ausgesendeten elektromagnetische Welle 31 eine Dopplerverschiebung (= Frequenzverschiebung) aufweist. In Fig. 7 sind beispielhafte Ausführungsformen und Anordnungen verschiedener Antennen 81, 82 und 83 mit jeweils zugehöriger Strahlungscharakteristik 810, 820 bzw. 830 dargestellt. Die Antennen 81, 82 und 83 sind im Strömungskanal 6 im Bereich der zu überwachenden Laufschaufeln 4 angeordnet. Geeignet ist eine Ausführung als Stab-Antenne oder als Koaxial-Antenne insbesondere als koaxial ausgeführte Dipolantenne. Andere Antennen-Formen sind jedoch ebenfalls denkbar. Die Strahlungscharakteristik kann symmetrisch, wie bei den Antennen 81 und 83, aber asymmetrisch, wie bei der Antennen 82, ausgebildet sein. Für die Ausbildung einer möglichst großen Dopplerverschiebung ist es günstig, wenn die bewegten Teile, hier also die Laufschaufeln 4, den durch die Strahlungscharakteristik 810, 820 oder 830 abgedeckten Raumbereich passieren. Eine Bewegung, bei der sich die Laufschaufel 4 - in ihrer Gesamtheit

oder nur in bestimmten Bereichen ihrer Oberfläche (vgl. die in Fig. 4 dargestellte, in mehrere Richtungen gebogene Kontur) - zunächst auf die betreffende Antenne 81, 82, oder 83 zu bewegt und dann wieder von ihr entfernt, ist diesbezüglich
5 besonders vorteilhaft.

Grundsätzlich können die Antennen 81, 82 und 83 außer in der hier beschriebenen aktiven Betriebsweise, d.h. mit gezieltem Aussenden einer elektromagnetischen Welle 31 zum Zwecke der
10 Erfassung der Laufschaufeln 4, auch passiv betrieben werden. Im passiven Betrieb emittieren die Antennen 81, 82 und 83 keine Sendestrahlung, sondern empfangen nur elektromagnetische Strahlung, die im Strömungskanal 6, insbesondere auch aufgrund von Defekten an den Laufschaufeln 4, vorhanden ist.
15 Die Antennen 81, 82 und 83 sind dann also ausschließlich zum „Hören“ bestimmt.

In einer weiteren Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung werden die Leitschaufeln 11 und/oder die Laufschaufeln 4 einer Gasturbine 1 mittels Pulssradar überwacht. Ein Prinzip-schaltbild einer solchen Ausgestaltung zur Erfassung der Leitschaufeln 11 zeigt Fig. 6. Im Bereich der mit dem Gehäuse 2 drehfest verbundenen Leitschaufeln 11 der Gasturbine 1 sind über den Umfang des Strömungskanals 6 der Gasturbine 1 verteilt Sendeantennen 5 zur Aussendung einer elektromagnetischen Welle 31 angeordnet. Die Antennen 5 sind mit einem Hochfrequenzgenerator 9 verbunden, der jede Antenne mit Hochfrequenz versorgt. Der Hochfrequenzgenerator 9 ist ein Puls-generator, der kurze Hochfrequenzimpulse mit einem vorgebbaren Puls-Pausen-Verhältnis erzeugt und diese im Zeitmultiplex auf die mit ihm verbundenen Antennen 5 verteilt. Ferner sind über den Umfang des Strömungskanals 6 verteilt Empfangsantennen 7 zum Empfang von reflektierten elektromagnetischen Wellen 32 angeordnet. Die Empfangsantennen 7 sind mit einem Multiplexer 20 verbunden, der zugleich eine Funktion als Empfangsverstärker aufweist. In dieser Ausgestaltung wird über den Multiplexer 20 erreicht, dass zeitdiskret jeweils eine
30
35

Antenne 7 mit der Auswerteeinheit 19 in Verbindung steht. Zugleich erhält die Auswerteeinheit 19 Hochfrequenz aus dem Hochfrequenzgenerator 9. Daneben erhält die Auswerteeinheit 19 über eine Leitung 21 ein Kanalauswahlsignal, welches eine
5 Information über die ausgewählte Antenne 7 an die Auswerteeinheit 19 übermittelt. Die hier dargestellte Leitschaufelüberwachung wird im Impulsbetrieb betrieben, so dass der Energieverbrauch insgesamt gering gehalten werden kann. Darüber hinaus kann erreicht werden, dass die Bauelemente zur
10 Erzeugung einer elektromagnetischen Welle insgesamt für eine geringere Belastung hinsichtlich der Thermik ausgelegt sein können.

Die vorliegende Erfindung ist nicht auf das Ausführungsbeispiel beschränkt anzusehen. Ebenso in den Schutzbereich hineingehörend ist eine duale Anordnung zur Messung einer Oberflächengüte an Leitschaufeln anzusehen, bei der beispielsweise die Radarantenne an der Rotorwelle der Turbine angeordnet ist. So kann beispielsweise die an den Leitschaufeln vorbeilaufende Radarantenne ein entsprechendes Radarsignal aussenden, wobei unter Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens aus den Empfangssignalen entsprechende Informationen über die Oberflächengüte der Leitschaufeln gewonnen werden können. Darüber hinaus können auch mehrere Radarantennen zum Aussen- und/oder für den Empfang vorgesehen sein, um beispielsweise eine Redundanz der Messung oder auch eine höhere Genauigkeit zu erreichen.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Ermitteln der Oberflächengüte von in einer Strömungsmaschine (1) mit an einer in einem Gehäuse (2) drehbar gelagerten Rotorwelle (3) angeordneten Laufschaufeln (4), wobei durch Mittel (5, 8) zum Erzeugen einer elektromagnetischen Welle eine elektromagnetische Welle (31) in einem Strömungskanal (6) in einem Bereich der Laufschaufeln (4) ausgesendet wird, die elektromagnetische Welle (31) von wenigstens einer Laufschaufel (4) zumindest teilweise reflektiert, der reflektierte Teil (32) der elektromagnetischen Welle durch Mittel zum Empfang (7, 8) empfangen und aus einem der empfangenen elektromagnetischen Welle entsprechenden Signal die Oberflächengüte der Laufschaufeln (4) ermittelt wird.

15

2. Verfahren zum Ermitteln der Oberflächengüte von in einer Strömungsmaschine (1) mit einem Gehäuse (2) drehfest angeordneten Leitschaufeln (11), wobei durch Mittel (5, 8) zum Erzeugen einer elektromagnetischen Welle (31) eine elektromagnetische Welle in einem Strömungskanal (6) in einem Bereich der Leitschaufeln (11) ausgesendet wird, die elektromagnetische Welle (31) von wenigstens einer Leitschaufel (11) zumindest teilweise reflektiert, der reflektierte Teil (32) der elektromagnetischen Welle durch Mittel zum Empfang (7, 8) empfangen und aus einem der empfangenen elektromagnetischen Welle entsprechenden Signal die Oberflächengüte der Leitschaufeln (11) ermittelt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass entsprechend der zu ermittelnden Oberflächenstruktur eine elektromagnetische Welle (31) mit einer angepassten Wellenlänge verwendet wird.

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass als elektromagnetische Welle eine Radarwelle (31) verwendet wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, durch gekennzeichnet, dass das Mittel (8) zum Erzeugen einer elektromagnetischen Welle für den Empfang einer elektromagnetischen Welle (32) verwendet wird.

5

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, durch gekennzeichnet, dass aus einer Intensität der empfangenen elektromagnetischen Welle (32) die Oberflächengüte ermittelt wird.

10

7. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche mit Mitteln (9) zum Erzeugen einer Schwingung, Mitteln (5, 8) zur Erzeugung einer elektromagnetischen Welle (31) aus der Schwingung, Mitteln (7, 8) zum Empfang einer elektromagnetischen Welle (32) und mit einer Auswerteeinheit (10) zur Auswertung der empfangbaren elektromagnetischen Welle (32).

15

8. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass das Mittel (8) zur Erzeugung einer elektromagnetischen Welle sowohl zum Senden als auch zum Empfang einer elektromagnetischen Welle (31, 32) geeignet ist.

20

9. Vorrichtung nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, dass das Mittel (5, 8) zur Erzeugung einer elektromagnetischen Welle (31) eine Radarantenne ist.

30

10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass das Mittel (5, 8) zur Erzeugung einer elektromagnetischen Welle (31) im Strömungskanal (6) einer Strömungsmaschine (1), insbesondere einer Gasturbine, angeordnet ist.

Zusammenfassung

Verfahren zum Ermitteln der Oberflächengüte von Schaufeln einer Strömungsmaschine

5

Das Verfahren dient zum Ermitteln der Oberflächengüte von in einer Strömungsmaschine (1) mit an einer in einem Gehäuse drehbar gelagerten Rotorwelle (3) angeordneten Laufschaufeln (4). Durch Mittel (8) zum Erzeugen einer elektromagnetischen

10 Welle wird eine elektromagnetische Welle (31) in einem Strömungskanal in einem Bereich der Laufschaufeln (4) ausgesendet. Die elektromagnetische Welle (31) wird von wenigstens einer Laufschaufel (4) zumindest teilweise reflektiert. Der reflektierte Teil (32) der elektromagnetischen Welle wird
15 durch Mittel zum Empfang (7, 8) empfangen und aus einem der empfangenen elektromagnetischen Welle (32) entsprechenden Signal wird die Oberflächengüte der Laufschaufeln (4) ermittelt.

20 FIG 3

200214382

1 / 4

FIG 1

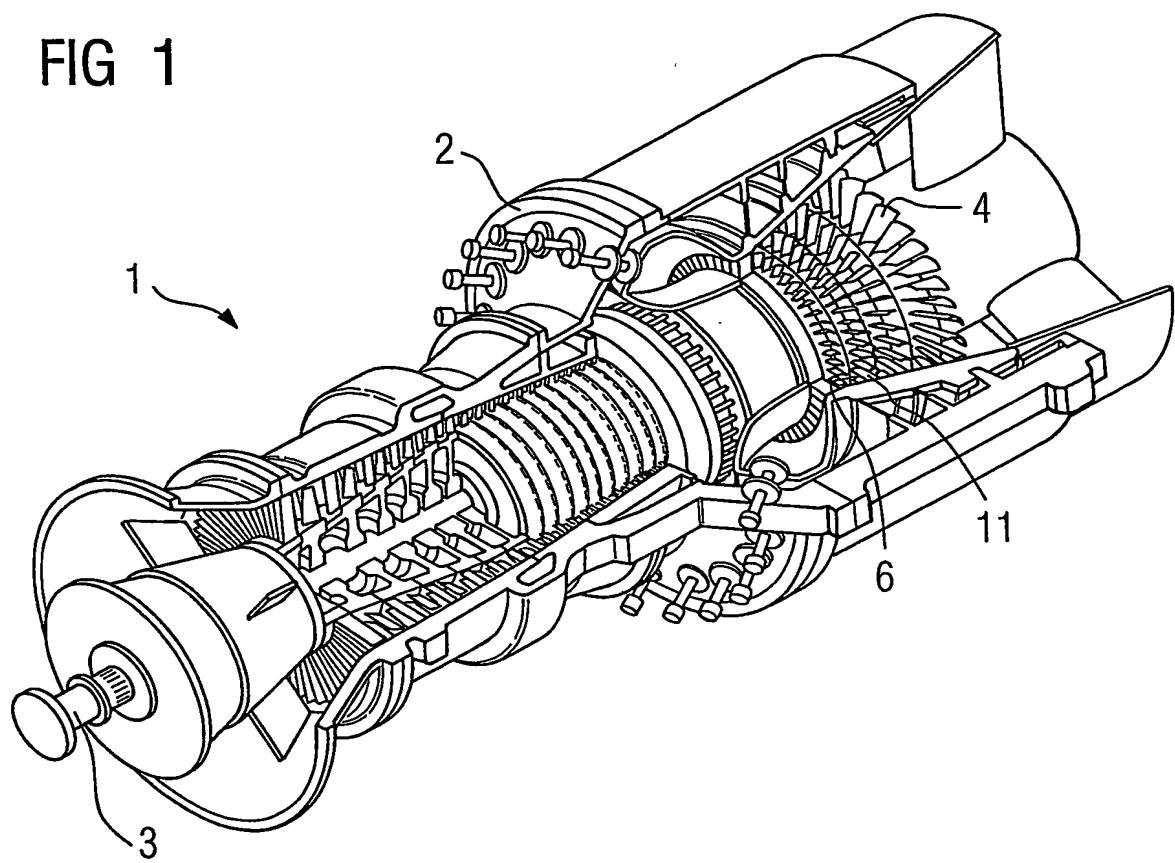
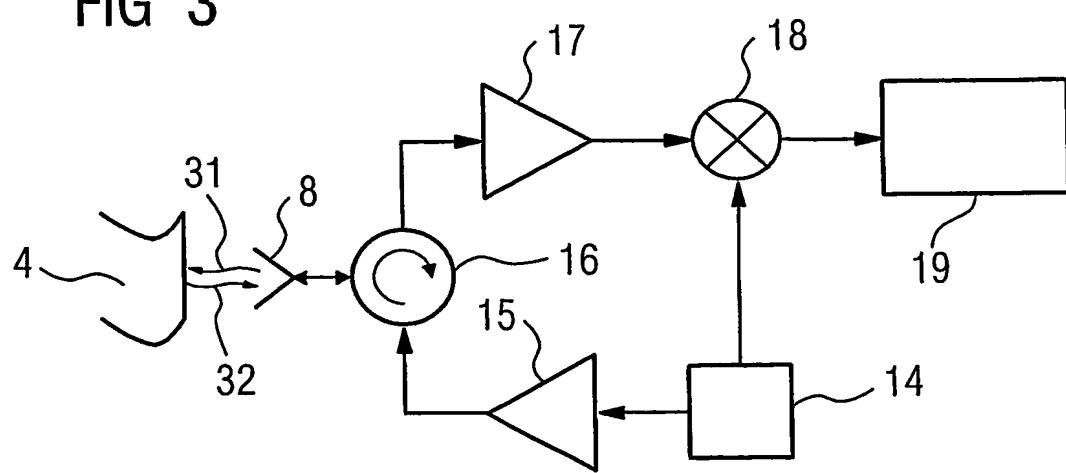


FIG 3



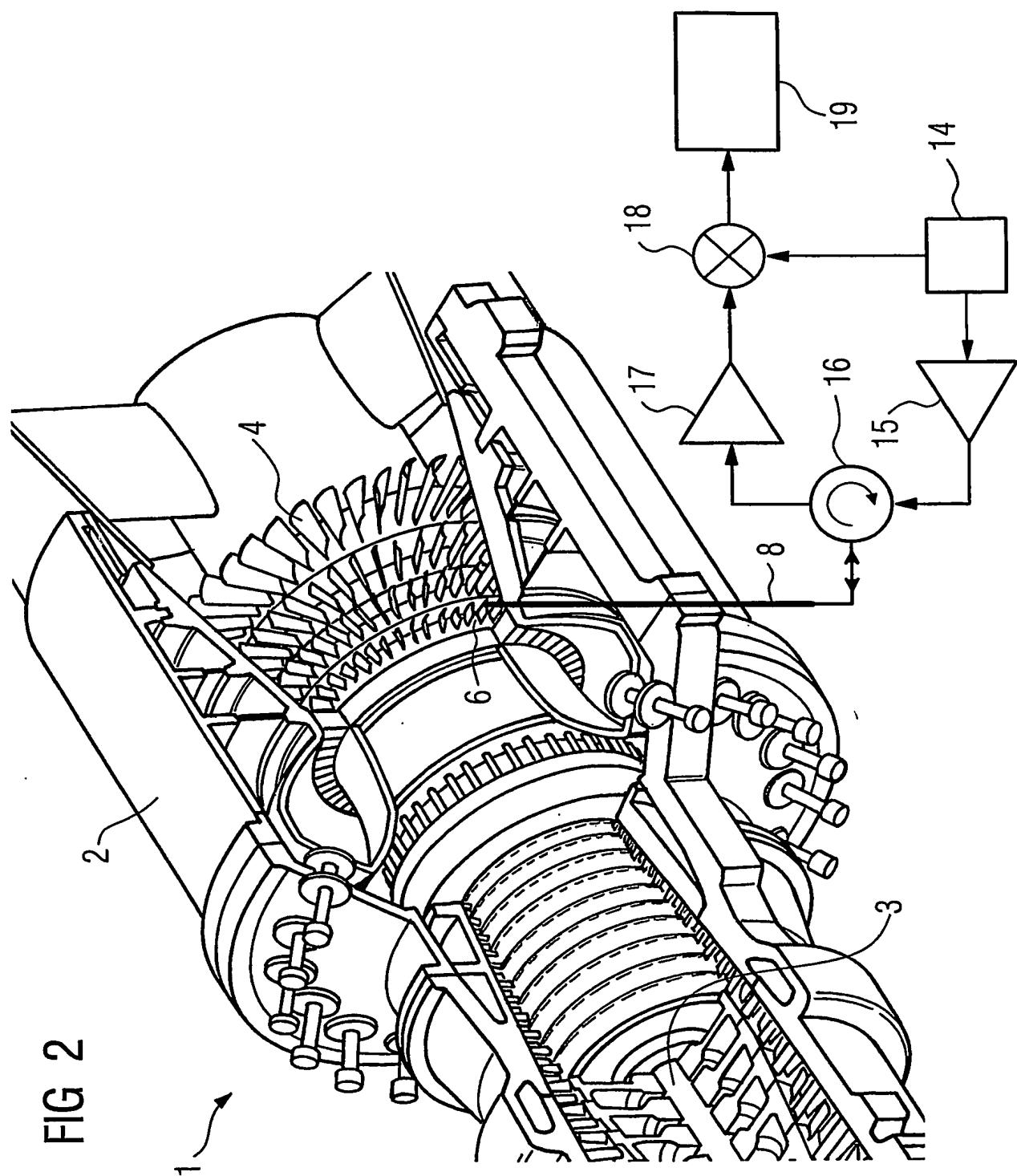


FIG 2

FIG 4

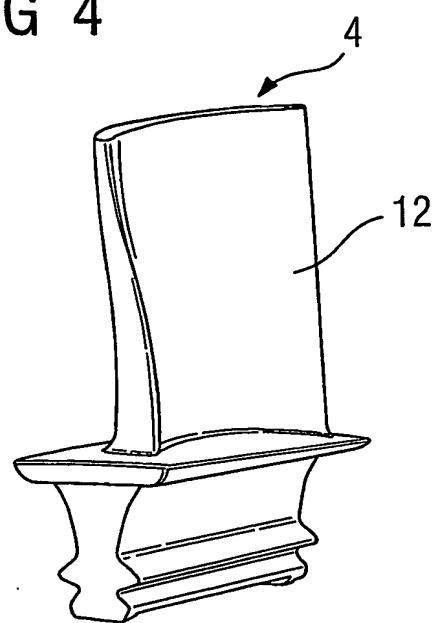


FIG 5

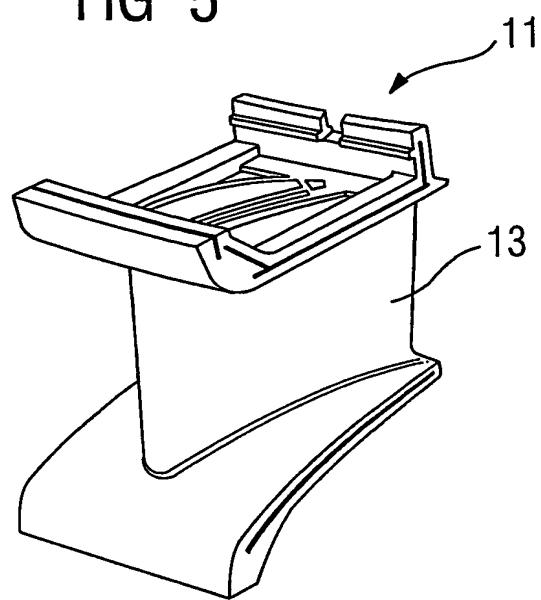
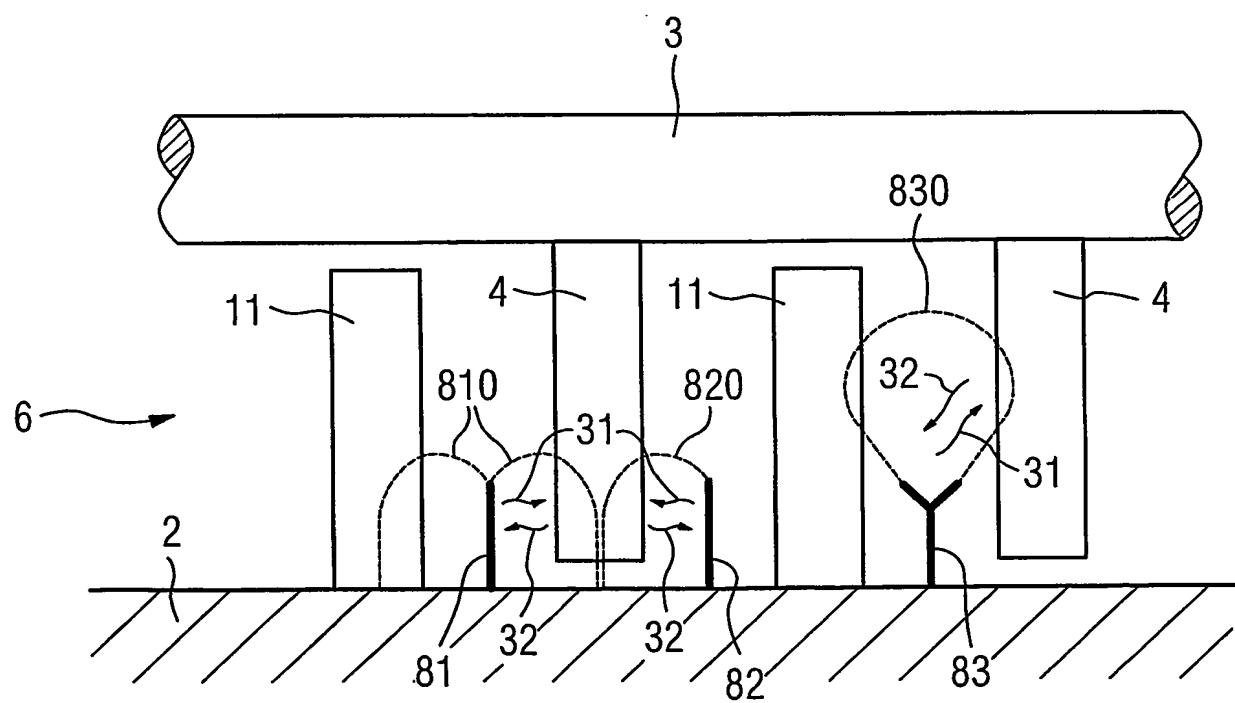


FIG 7



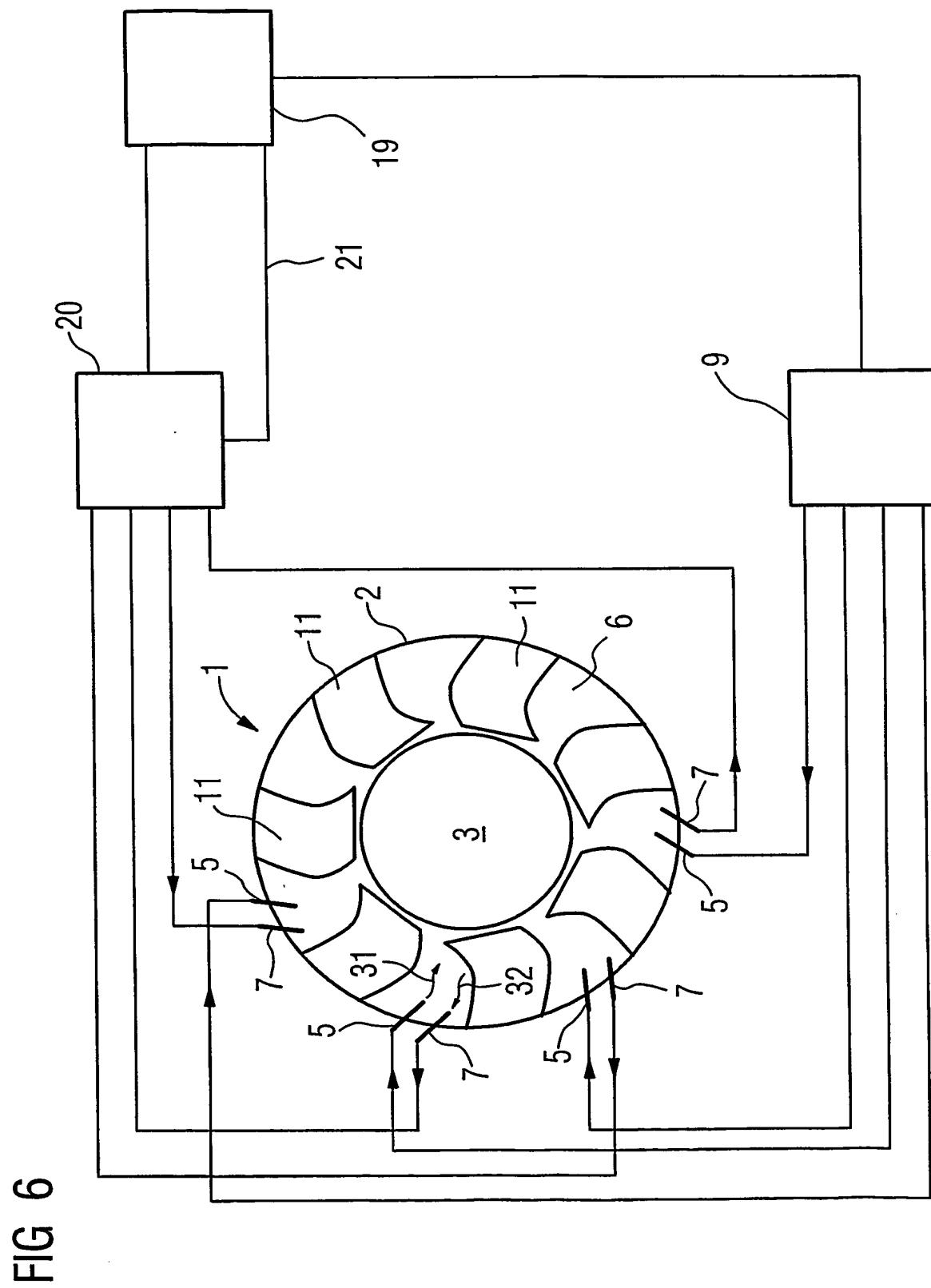


FIG 6